



En vindmølles privatøkonomi

Jensen, Peter Hjuler

Publication date:
1982

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Jensen, P. H. (1982). *En vindmølles privatøkonomi*. Risø National Laboratory. Risø-M No. 2335

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Risø-M-2335

RISØ

Risø-M-2335

En vindmølles privatøkonomi

Peter Hjuler Jensen



Forsøgsanlæg Risø, DK 4000 Roskilde, Danmark
Februar 1982

RISØ-M-2335

EN VINDMØLLES PRIVATØKONOMI

Peter Hjuler Jensen

Prøvestationen for mindre Vindmøller

Abstract. I nærværende rapport er gennemgået økonomien ved installation af en vindmølle i tilknytning til 3 parcelhuse. Der er lavet en status, energi- og pengeøkonomisk, for de tre parcelhuses elforbrug og olieforbrug. Sammenfaldet mellem produktion og forbrug belyses, hvorefter der anvises en metode til at give et skøn over forsyningsgraden af egetforbruget. Herefter vælges en vindmøllestørrelse til det aktuelle forbrug. For den valgte vindmøllestørrelse findes selvforsyningsgraden for vindmøllen placeret i henholdsvis ruhedsklasse I, II og III. Derefter findes for de tre ruhedsklasser den sparede købte elektricitet, den sparede olie og den solgte elektricitet. Der opstilles et budget for den valgte vindmølle, hvor der til dette budget et knyttet bemærkninger til de enkelte poster i budgettet. Driftudgifterne er skønnet og momsen er beregnet, hvorefter den halvårslige ydelse er fundet for den givne investering og en antaget levetid. Indtægterne fra energiproduktionen ved solgt og sparet

(fortsættes næste side)

Februar 1982

Forsøgsanlæg Risø, DK 4000 Roskilde, Danmark

købt energi findes. Endvidere findes skattebesparelsen og med de fundne udgifter og indtægter opstilles et budget for det første år for vindmøllen, hvor der er set bort fra inflation og energiprisstigninger. Under forudsætning af en given inflation og energiprisstigning er økonomien gennem vindmøllens levetid fundet. For beregninger af økonomien gennem levetiden er lavet en følsomhedsanalyse for driftudgifterne, renten, marginaltrækprocenten og energiprisstigningerne.

EDB descriptors: ECONOMIC ANALYSIS; ENERGY CONSUMPTION; HOUSES; POWER GENERATION; SENSITIVITY ANALYSIS; WIND POWER PLANTS

UDC 621.548

ISBN 87-550-0836-4

ISSN 0418-6435

Risø Repro 1982

INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1. INDLEDNING	5
2. STATUS OVER ENERGIFORBRUG	6
3. SAMMENHÆNG MELLEM ENERGIPRODUKTION OG ENERGIFORBRUG .	8
3.1. Valg af møllestørrelse og vindmølleårsproduktion	10
3.2. Egetforbrug og salg	10
4. BUDGET FOR KØB OG INSTALLATION AF VINDMØLLE MED KOMMENTARER	12
4.1. Bemærkninger til investeringsudgifter	14
5. DRIFT, VEDLIGEHOLDELSE OG FORSIKRINGER	15
6. ØKONOMI I DET FØRSTE ÅR, HVOR DER ER SET BORT FRA INFLATION OG ENERGIPRISSTIGNINGER	16
6.1. Moms	17
6.2. Halvårlig ydelse som følge af investering	18
6.3. Renteudgifter og skattefradrag det første år ...	19
6.4. Indtægter og besparelser	19
6.5. Økonomi det første år	20
7. ØKONOMI Gennem VINDMØLLENS LEVETID	21
8. FØLSOMHEDSANALYSE	23
8.1. Driftudgifternes indflydelse på økonomien ved investering i en vindmølle	23
8.2. Rentens indflydelse på økonomien ved investering i en vindmølle	24
8.3. Marginaltrækprocentens indflydelse på økonomien ved investering i en vindmølle	25
8.4. Energiprisstigningens indflydelse på økonomien ved investering i en vindmølle	27
9. KONKLUSION	29

	Side
10. HVOR KAN MAN FÅ YDERLIGERE OPLYSNINGER?	31
11. LITTERATURLISTE	32
12. APPENDIX MED FABRIKANTLISTE	33

1. INDLEDNING

Med energikrisen, der startede i begyndelsen af halvfjerdserne, opstod igen interessen for vindmøller. De første to vindmøller blev kommercielt solgt i 1976.

Medio 1979 var der solgt omkring 50 vindmøller, medio 1980 var der solgt omkring 400 vindmøller og medio 1981 var der solgt omkring 600-700 vindmøller og opstillet omkring 500 vindmøller.

Anlæggenes pris er i denne periode steget betydeligt mere end inflationen. Energipriserne er tilsvarende steget betydeligt mere end priserne generelt, hvorfor det i dag under visse givne betingelser er en fordelagtig privatøkonomisk investering at købe en vindmølle. Samfundsøkonomien er behandlet i ref. 1, hvor det konkluderes, at vindmøller samfundsøkonomisk er en attraktiv investering.

Medio 1980 blev der lavet en undersøgelse af de danske vindmøllers økonomi af Prøvestationen for mindre Vindmøller, der er vist på fig. 2. Denne undersøgelse, hvis tendenser ikke har ændret sig viser, at der stadig er en betydelig spredning i anlægspriserne for samme effekt pr. bestrøget arealenhed. Endvidere fremgår at anlægspriserne falder ret meget fra de mindre 15-22 kW anlæg til 55 kW anlæggene, tilsvarende pr. bestrøget arealenhed.

I nærværende rapport er som eksempel valgt at behandle installation af et af de mest rentable anlæg, nemlig en 55 kW vindmølle med en propeldiameter på 15 m. og en tårnhøjde på 18 m.

2. STATUS OVER ENERGIFORBRUG

Overvejes at investere i en vindmølle, foretages først en opgørelse over det hidtidige energiforbrug. Det undersøges om der er oplagte muligheder for energibesparende foranstaltninger, som isolering, termostater, termoruder m.v.

Derefter opstilles et energi- og pengeregnskab for energiforbruget, hvilket sker ved hjælp af de gamle olie- og elregninger.

Elektricitetsforbruget var medio 1981 typisk på omkring 4.000 kW pr. husstand i et parcelhus og olieforbruget var typisk for et hus bygget før det nye bygningsreglement af 1977, der stillede skærpede krav til isolering, på omkring 3.800 liter olie pr. år (ref. 1), hvor der ikke er foretaget isolerende foranstaltninger efter opførelsen af huset.

Det antages i nærværende undersøgelse, at beboerne i tre parcelhuse bygget før 1977 installerer en vindmølle i fællesskab. Det forudsættes, at de tre forbrugere ligger ved enden af en stikledning, hvorfor det er muligt at måle, hvad der købes og hvad der sælges til elforsyningsselskabet.

Såfremt der ikke er mulighed for at måle direkte hvad der købes og hvad der sælges, dvs. med vindmøllen koblet direkte til forbrugerne før afregning med elforsyningsselskabet og derved sammenfald mellem produktion og forbrug, skulle afsnittet for fællesmøller i "De vejledende regler for vindmøller, biogasanlæg og andre vedvarende energikilder" udsendt den 23.11.1979 fra Danske Elværkers forening, have været anvendt.

I opstillingen af energiregnskabet findes nettoenergiforbruget (behovet). Nettoenergiforbruget er den energimængde, der kommer ud af eksempelvis et oliefyr, mens bruttoenergiforbruget er den energimængde f.eks. olie et oliefyr forbrænder. Nettoenergiforbruget delt med bruttoenergiforbruget for oliefyret er lig med oliefyrets virkningsgrad. Denne sættes til 70%, hvilket man ud-

mærket kan regne med som gennemsnitsvirkningsgrad. Den energi, der frigøres, når olien brænder ved en ideel forbrænding, sættes for olie til 10 kWh/liter. I tabel 1 er opstillet et nettoenergi-regnskab for de tre parcelhuse.

Tilsvarende opstilles et pengeregnskab for energiforbruget. Prisen for elektricitet sættes til 0,62 kr/kWh og olieprisen til 3,15 kr./liter olie, hvilket er priser medio 1981. Det skal bemærkes, at elpriser er steget betydeligt siden medio 1981, mens olieprisen har været stagnerende.

Tabel 1. Nettoenergieregnskab for tre parcelhuse pr. år.

Elektricitetsforbrug:

3 huse á 4.000 kWh/år = 12.000 kWh/år

Varmeforbrug.

3 huse á 3.800 l.olie/år · 0,7 · 10 kWh/l. olie = 79.800 kWh/år

Samlet nettoenergiforbrug pr. år. = 91.800 kWh/år

Hvor de 0,7 er oliefyrsvirkningsgraden og de 10 kWh/liter olie er oliens brændværdi.

Tabel 2. Pengeregnskab for energiforbruget for tre parcelhuse pr. år i medio 1981 kr.

Elektricitetsforbrug:

3 · 4.000 kWh á 0,62 kr/kWh = 7.440 kr/år

Varmeforbrug:

3 · 3.800 l. olie á 3,15 kr/liter olie = 35.910 kr/år

Samlet udgift til energi pr. år medio 1981 = 43.350 kr/år

3. SAMMENHÆNG MELLEM ENERGIPRODUKTION OG ENERGIFORBRUG

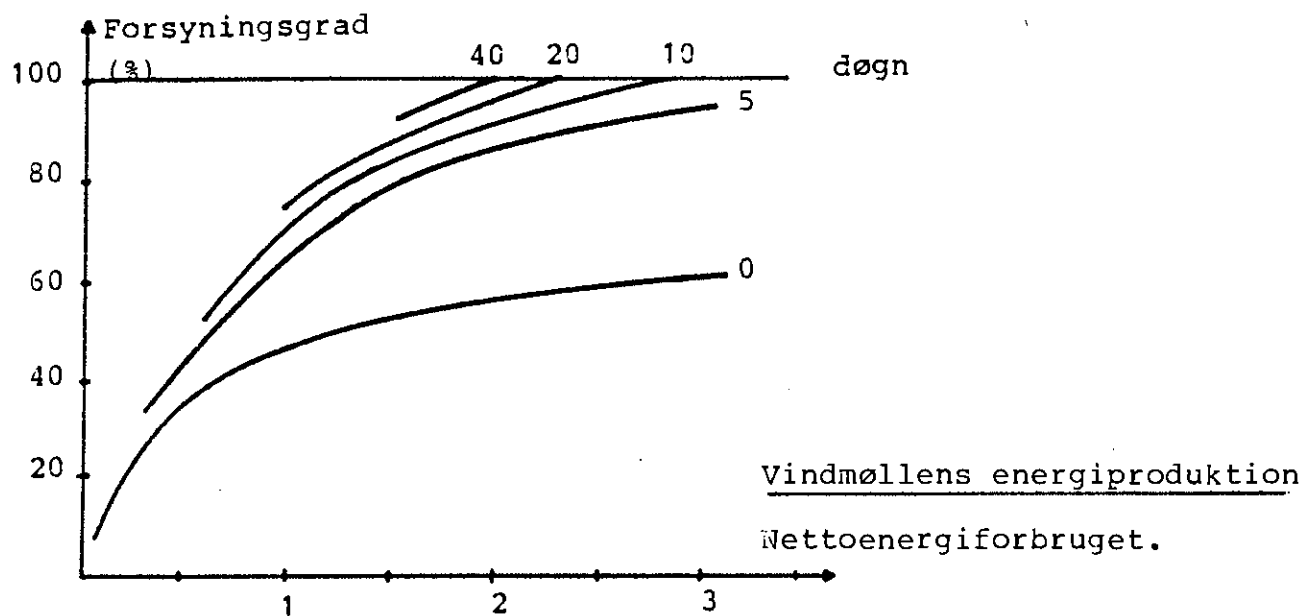
Vindmøllens produktion varierer med vindens hastighed og energiforbruget afhænger af, hvornår der er behov for energien. Derfor vil der være perioder, hvor møllen producerer mere energi end der er behov for og overskuddet kan lagres eller eksempelvis sælges til elforsyningsselskabet. Der vil være andre perioder, hvor møllen producerer mindre energi end der er behov for, således at der må suppleres op fra et lager, tændes for oliefyret eller købes el fra elforsyningsselskabet.

Varme kan lagres i eksempelvis varmtvandsbeholdere med en økonomi afhængig af lagerets størrelse, mens der endnu ikke eksisterer lagringsformer for den enkelte til lagring af elektricitet, der har en rimelig økonomi i Danmark.

Endnu er der kun lavet få beregninger over sammenhængen mellem en vindmølles energiproduktion og hvor stor en del af varme- og elforbruget med varierende lagerstørrelse, der dækkes af en given vindmølle.

På figur 1 er vist varmeforsyningsgraden som funktion af års-energiproduktionen delt med nettoenergiforbruget med varierende lagerstørrelse. Forsyningsgraden er den del af energiforbruget vindmøllen dækker (ref. 2).

Man kan som udgangspunkt bruge at el- og varmeegenforsyningen ligger tæt ved kurven "0 døgnlager", hvorved man både kan få en egenforsyningsgrad af varme og af el. Denne antagelse er dog ret usikker.



Figur 1. Forsyningsgrad som funktion af forholdet mellem vindmøllens energiproduktion og nettoenergiforbruget med forskellige lagerstørrelser (ref. 2).

Det skal bemærkes, at strukturen i varme og elforbruget kan påvirke de givne sammenhænge mellem mølleproduktion, forbrug og lager med egenforsyningsgraden, ligesom møllen afhængig af om den har en høj eller lav relativ generatoreffekt, påvirker de nævnte sammenhænge. Endelig vil placeringen kunne påvirke de viste sammenhænge.

3.1. Valg af møllestørrelse og vindmølleårsproduktion

Valget af møllestørrelse sker ofte således at møllens forventede årsproduktion er lig med årsnettoenergiforbruget. Dog bør man sammenligne forskellige møllestørrelses økonomi med hinanden. I dette eksempel vælges at installere en vindmølle med maksimal effekt på 55 kW, og en rotordiameter på 15 meter samt en tårnhøjde på 18 meter.

Vindmøllens årsproduktion beregnes udfra vindmøllens effektkurve, der opgives fra fabrikanten og en "Vindatlasanalyse" (ref. 3). Dette kan f.eks. beregnes af en konsulent fra "Danske Vindkraftværker" (se side 31).

Den valgte vindmølle har for forskellige landskabsruhedsklasser en årsydelse, som vist i Tabel 3.

Tabel 3. Årsydelsen i forskellige ruhedsklasser for den valgte vindmølle med en rotordiameter på 15 m, mastehøjde 18 m og generatoreffekt på 55 kW.

Ruhedsklasse	Årsproduktion
1	116.000
2	87.000
3	46.000

Det ses, at årsydelsen er afgørende afhængig af ruhedsklassen. Det skal bemærkes, at der ikke er taget hensyn til eventuelle driftstop, der kan medføre produktionstab.

3.2. Egetforbrug og salg

Egetforbruget af el og varme og salget af elektricitet til elforsyningsselskabet findes for ruhedsklasse 1, 2 og 3. Udled-

ningen gennemgås kun for ruhedsklasse 1. Det antages at selvforsyningsgraden for elektricitet er den samme som for varme.

Årsproduktionen for ruhedsklasse 1 var 116.000 kWh (tabel 3) og det samlede nettoenergiforbrug var 91.800 kWh (tabel 1), hvoraf forholdet mellem produktion for forbrug findes:

$$\frac{\text{årsproduktion}}{\text{nettoenergiforbrug}} = \frac{116.000}{91.800} = 1,26$$

Heraf findes selvforsyningsgraden af figur 1 til 0,5 og salget til elforsyningsselskabet ved at fratrække egetforbruget (tabel 1):

$$\text{Salg af el} = (116.000 - 91.800 \cdot 0,5) \text{ kWh} = 70.100 \text{ kWh.}$$

Da selvforsyningsgraden fandtes til 0,5 findes heraf sparet købt el og sparet olie køb.

Sparet købt el for ruhedsklasse I:

$$0,5 \cdot 12.000 \text{ kWh} = 6.000 \text{ kWh}$$

Sparet olie for ruhedsklasse I:

$$0,5 \cdot 11.400 \text{ liter olie} = 5.700 \text{ l. olie}$$

Tilsvarende kan findes for ruhedsklasserne II og III og den samlede fordeling er opstillet i tabel 5.

Tabel 5. Årsenergiproduktion, selvforsyningsgraden, sparet købt elektricitet, sparet olie og solgt elektricitet beregnet for de 3 ruhedsklasser pr. år.

Ruhedsklasse	Årsenergi- produktion (kWh)	Selvfor- syningsgrad (%)	Sparet købt elektricitet (kWh)	Sparet olie l.olie	Solgt el (kWh)
1	116.000	50	6.000	5.700	70.100
2	87.000	45	5.400	5.130	45.690
3	46.000	35	4.200	3.990	13.870

4. BUDGET FOR KØB OG INSTALLATION AF VINDMØLLE MED KOMMENTARER

Som ved enhver anden investering er der en del udgifter, der er rimelig let at forudsige og der er udgifter, hvorom der hersker en del usikkerhed eller der kan være en stor spredning, eksempelvis geografisk, for at få det samme arbejde udført. Der er nedenfor i tabel 4 opstillet et budget for køb og opstilling af førnævnte vindmølle med nominel effekt på 55 kW, en rotor-diameter på 15 m og en tårnhøjde på 18 m. De enkelte udgifts-poster er kommenteret.

Tabel 4. Investeringsudgifter i forbindelse med etablering af en 55 kW vindmølle.

<u>Investeringsudgifter</u>	
Vindmøllens pris ab. fabrik incl. opstilling	240.000 kr.
Transport	5.000 -
Netforstærkning	20.000 -
Fundament	25.000 -
Sikringsafgift	15.000 -
Elinstallationer herunder varmepatroner	10.000 -
Byggelånsrenter	5.000 -
Konsulent til bl.a. vindatlasanalyse	1.000 -
Andre udgifter	14.000 -
Samlede udgifter	335.000 kr.
Statstilskud 20% af 335.000 kr.	67.000 -
Samlede investering	268.000 kr.

Ovenstående forudsætter at møllekøber momsregistreres, hvorfor momsen ikke er med i budgettet over investeringsudgifterne. Endvidere er der i budgettet set bort fra at der til visse udgifter, såsom eksempelvis installation af varmepatroner og forbrugsstyring, ikke kan opnåes statstilskud. Fabrikanterne har i den pris, der opgives, medregnet udgifter til opstilling og installation, dog forskelligt fra fabrikant til fabrikant (Appendix).

I Appendix er lavet en fabrikantliste over kommercielt tilgængelige vindmøller i Danmark.

I figur 2 er lavet en status medio 1980 over de samlede anlægspriser for de kommercielt tilgængelige vindmøller.

4.1. Bemærkninger til investeringsudgifter

Transport kan være inkluderet i vindmøllens pris, men er det oftest ikke, bl.a. fordi der er ret stor forskel på omkostningerne hertil.

Netforstærkning er en meget varierende udgift. For den valgte vindmøllestørrelse vil udgiften formodentlig ligge omkring 20.000 kr. Dog vil den ofte kunne variere fra 0-40.000 kr., og i enkelte tilfælde endnu højere. Udgiften undersøges ved at indhente tilbud via den lokale elinstallatør hos elforsyningsselskabet (se side 31).

Fundamentudgifter varierer med op til en faktor 2. afhængig bl.a. af det generelle niveau for arbejdslønninger i området. Man bør indhente 2 tilbud og forhøre sig hos fabrikanten om tilbuddene er rimelige.

Sikringsafgiften, der er en betaling for udvidelse af maksimal belastningen (større ampæreværdi i sikringerne) er tilsvarende netforstærkning afhængig af det eksisterende elnet og af tariffer i det lokale elforsyningsselskab. Udgiften vil for det givne tilfælde oftest være omkring 15.000 kr.

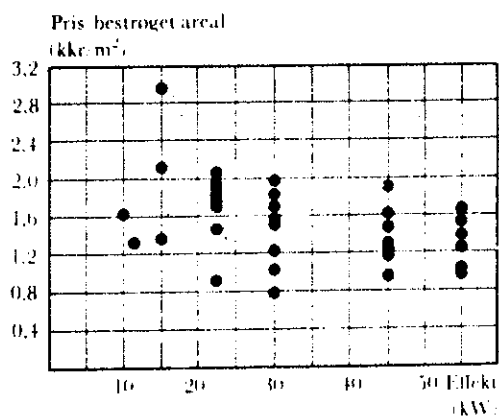
Elinstallationerne varierer tilsvarende fundamentudgifterne temmelig meget. "Danske Vindkraftværker" har lavet undersøgelser vedrørende dette og man kan evt. både tale med fabrikanten og "Danske Vindkraftværker" om det/de tilbud, der indhentes.

Byggelånsrenter er de renter, man har på udgifter, der afholdes før møllen sættes i drift. Disse er forskellige fra fabrikant til fabrikant, idet der endnu ikke inden for vindmøllebranchen findes en standardkontrakt i forbindelse med køb af en vindmølle.

Konsulentudgifter kan bl.a. være en "Vindatlasanalyse" fra en konsulent fra "Danske Vindkraftværker", der udfra vindmøllens effektkurve opgivet af fabrikanten og den givne placering for vindmøllen, beregner årsydelsen.

Andre udgifter kan dække ekstra specielle omkostninger, f.eks. projekterende ingeniørfirma såfremt et sådant inddrages, stempelafgift samt evt. overskridelser af førnævnte udgiftsposter.

Statstilskud til en vindmølle kan opnås når en vindmølle er systemgodkendt af Prøvestationen for mindre Vindmøller. Man skal dog være opmærksom på om tilskudsrammen er opbrugt.



Figur 2. Priser pr. m² bestroget areal for de kommercielt tilgængelige vindmøller i Danmark medio 1980. Priserne er opgivet af fabrikanterne og er incl. installation og excl. netforstærkning.

5. DRIFT, VEDLIGEHOLDELSE OG FORSIKRINGER

Det er endnu for tidligt at sige noget endeligt om størrelsen af de årlige drift og vedligeholdelsesudgifter. Kvalitetsmæssigt er der stadig en betydelig spredning i de kommercielt tilgængelige vindmøller, hvorfor det er usikkert, på trods af at vindmøllerne generelt har opnået en tilfredsstillende korttidspålidelighed, at sige noget eksakt om disse udgifter. Tilsvarende er det for tidligt at sige noget generelt om langtidsholdbarheden.

Det er dog muligt at sige noget om hvad drift- og vedligeholdelsesudgifter indeholder, såsom jævnlig eftersyn af godkendt driftleder (installatør godkendt af elektricitetsrådet), olie-skift i tidsintervaller mellem hvert og hvert fjerde år smøring af lejer o.s.v.

Forsikringer af vindmøller behandles for øjeblikket ret uensartet af de forskellige forsikringsselskaber. Dette bl.a. med udgangspunkt i de forskellige erfaringer selskaberne har med første-generationsvindmøller, hvilket giver sig udslag i ret forskellige forsikringspræmier. Dog vil præmien formodentlig, på længere sigt, ende med at ligge mellem 5 og 10 o/oo af anlægsudgifterne, minus de faste installationer såsom tårn og fundamenter, pr. år.

Samlet anslås de samlede årlige udgifter til drift, vedligeholdelse og forsikring til 1,4% af anlægsudgiften. Der skal dog gøres opmærksom på at dette forudsætter at der ikke sker større havari f.eks. af gearkassen.

For den valgte vindmølle findes de årlige drift-, vedligeholdelse- og forsikringsudgifter:

1.4% af 335.000 kr. = 4.690,00 kr.

6. ØKONOMIEN DET FØRSTE ÅR, HVOR DER ER SET BORT FRA INFLATION OG ENERGIPRISSTIGNING

For at få overblik over de forskellige elementer i økonomien for investeringen i en vindmølle, er set på økonomien på en mere simpel måde. idet der er set bort fra inflation og energiprisstigninger.

For det første skal investeringen finansieres. Dette kan ske på forskellige måder. Her antages, at der optages et kreditforeningslån, der tilbagebetales over 20 år og med en effektiv rente på 19% p.a. I afsnit 8 er set på økonomien i en vindmølles levetid for alternative rentesatser på 17% og 21% og dette er sammenlignet med de 19%.

6.1. Moms

Moms skal betales af produktionsudgifterne af den del af vindmøllens energiproduktion, der anvendes i privatforbruget. I det her gennemgåede tilfælde har vi alene privatforbrug og salg til elforsyningsselskab.

Produktionsudgiften findes ved at vindmøllen afskrives momsmæssigt over 10 år, det vil sige anlægsudgifterne delt med 10 plus de årlige driftudgifter.

Momsen findes for ruhedsklasse I, hvor den årlige energiproduktion er 116.000 kWh (E), salget til elforsyningsselskabet er 70.100 kWh (S), momsen er 22%, driftudgifterne er 4.690 kr/år (D) og anlægsudgifterne uden statstilskud er 335.000 kr (J).

Driftudgifter

$$\frac{E - S}{E} \cdot 0,22 \cdot D = \text{momsen af den årlige produktionsudgift som følge af driftudgifterne.}$$

$$\frac{116 - 70,1}{116} \cdot 0,22 \cdot 4.690 \text{ kr/år} = 408,27$$

Afskrivning

$$\frac{E - S}{E} \cdot 0,22 \cdot 0,1 \cdot J = \text{momsen af den årlige produktionsudgift som følge af investering.}$$

$$\frac{116 - 70,1}{116} \cdot 0,22 \cdot 0,1 \cdot 335.000 \text{ kr/år} = 2.916,23 \text{ kr}$$

$$\text{Momsudgiften det første år} = 3.324,50 \text{ kr}$$

Forsikringsområdet er fritaget for moms, hvorfor det ovenfor anførte medfører, at momsen bliver omkring 200 kr. for meget. Tilsvarende findes momsudgiften for ruhedsklasse II og II og momsudgifterne er anført i tabel 6. For de andre ruhedsklasser er der tilsvarende ruhedsklasse I beregnet moms af forsikringsafgiften.

Tabel 6. Momsudgifterne det første år.

Ruhedsklasse	1	2	3
Momsudgifter første år	3.324 kr.	3.989 kr.	5.869 kr.

6.2. Halvårlig ydelse som følge af investering

Investeringen på 268-000 kr., det er 80% af hele installationens anskaffelsespris, antages finansieret med et 20 årigt kontantlån (annuitetslån) i en kreditforening til 19% p.a.

Ydelsen på lånet forfalder halvårligt og beregnes:

$$a = A \cdot \frac{r (1 + r)^n}{(1 + r)^{n-1}}$$

hvor

A = lånet: 268.000 kr.

r = renten: 19% p.a. effektiv rentefod da terminerne er halvårlige findes

$r = \sqrt{1,19} - 1 = 9,09\%$ (effektiv halvårlig rente).

n = antal terminer: 40

a = terminydelse

Terminydelsen er:

$$a = \frac{268.000 \cdot 0,0909 (1 + 0,090)^{40}}{(1 + 0,0909)^{40} - 1} = 25.128 \text{ kr.}$$

Det skal bemærkes at der er forskel på "effektiv rentefod" og blot rentefod, idet når der almindeligvis opgives en rente f.eks 19% p.a. regnes en halvårlig rente på 9,5%, såfremt der er terminer hvert halve år, mens såfremt der opgives en "effektiv rente" er beregningen som ovenfor anført.

6.3. Renteudgifter og skattefradrag det første år

Rentedelen ved første termin er:

$$\begin{aligned} 9,09\% \text{ af } 268.000 \text{ kr} &= 24.361 \text{ kr} \\ \text{og afdraget kan findes:} \\ (25.128 - 24.361) \text{ kr.} &= 767 \text{ kr.} \end{aligned}$$

Herefter findes rentedelen ved anden terminsbetaling:

$$9,09\% \text{ af } (268.000 \text{ kr} - 767 \text{ kr}) = 24.291 \text{ kr.}$$

De samlede renteudgifter det første år er så:

$$(24.361 + 24.291 \text{ kr}) = 48.652 \text{ kr.}$$

Under forudsætning af en marginals-kattetrækprocent på 55% fås en skattebesparelse det første år.

$$55\% \text{ af } 48.652 \text{ kr.} = 26.759 \text{ kr.}$$

6.4. Indtægter og besparelser

Indtægterne ved salg af elektricitet til elforsyningsselskabet findes for ruhedsklasse I.

Der bliver solgt:

70.100 kWh (tabel 5) til 0,30 kr/kWh = 21.030 kr.

Der bliver sparet:

Olie

5.700 l. olie af 3,15 kr/liter = 17.955 kr.

Elektricitet

6.000 kWh af kr. 0,62 kr/kWh = 3.720 kr.

Samlet indtægt og besparelse = 42.705 kr.

Tilsvarende er i tabel 7 fundet indtægter og besparelser det første år for ruhedsklasserne II og III.

6.5. Økonomien det første år

Med de gennemgåede forudsætninger for energipriser, rentesats 19% p.a., marginals-kattetrækprocent 55% og årsproduktionen er i tabel 7 vist økonomien det første år ved investering i en vindmølle, hvor der er set bort fra inflation og energiprisstigninger.

Det skal bemærkes at ruhedsklasse II allerede 1. år vil give overskud når der tages hensyn til inflation og energiprisstigninger. jvf. næste afsnit.

Tabel 7. Økonomien det første år ved investering i en vindmølle, hvor der er set vort fra inflation og energiprisstigninger.

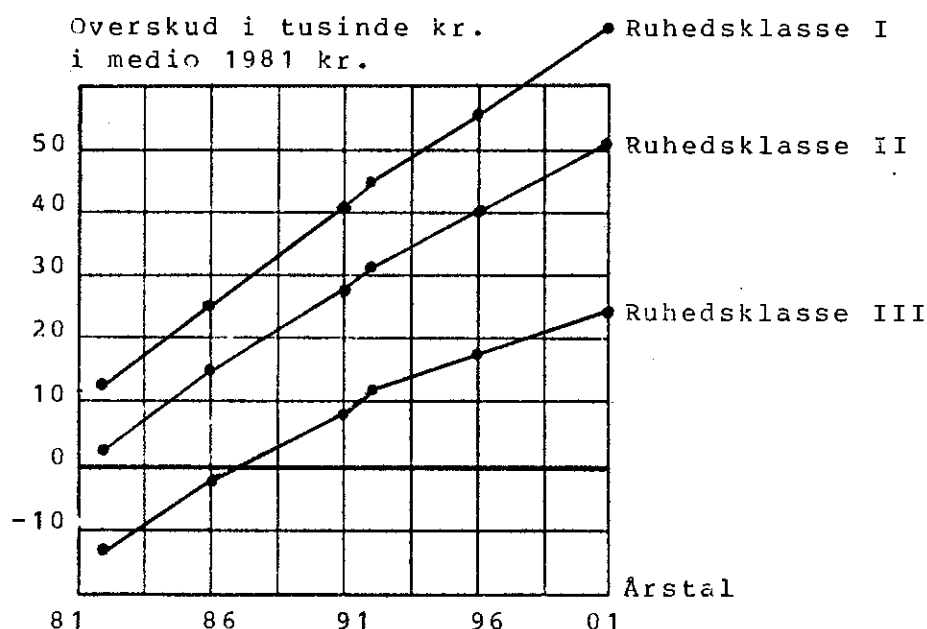
Ruhedsklasse	1	2	3
Salg til elforsyningsselskab	21.030kr	13.707kr	4.161kr
Besparelse i el	3.720-	3.348-	2.604-
Besparelse i olie	17.955-	16.160-	12.569-
Samlet indtægt	42.705 kr	33.215kr	19.334 kr
Årlig ydelse	50.257 -	50.257 -	50.257 -
Skattebesparelse	26.759 -	26.759 -	26.759 -
Moms	3.324-	3.989	5.869
Driftsudgifter incl. forsikring	4.690 -	4.690 -	4.690 -
Overskud	11.193 kr	1.038 kr	-14.723

7. ØKONOMIEN GENNEM VINDMØLLENS LEVETID

I det foregående afsnit blev økonomien det første år for investering i en vindmølle undersøgt, hvor der blev set bort fra energiprisstigninger og inflation. Med samme forudsætninger dog medtaget inflation og energiprisstigninger er økonomien gennem vindmøllens levetid undersøgt. Inflationen er sat til 10% p.a. Oliens pris er sat til at stige 14% p.a., stigninger i priser

på solgt. el til elforsyningsselskabet er sat til 14% p.a. og stigningen i købt elektricitet er sat til 12% p.a.

I figur 3 er vist økonomien gennem vindmøllens levetid for ruhedsklasserne I, II og III.



Figur 3. Økonomien gennem en vindmølles levetid i forhold til ikke at have foretaget en investering i en vindmølle.

Det ses af figuren, at ruhedsklasse I giver "overskud" allerede det første år. Ruhedsklasse II løber rundt det første år, idet det ses af figuren at investeringen det første år giver et lille "overskud", mens ruhedsklasse III giver "underskud" de første 6 år.

Det skal bemærkes, at der ifølge sagens natur er en land række usikkerheder forbundet med analysen.

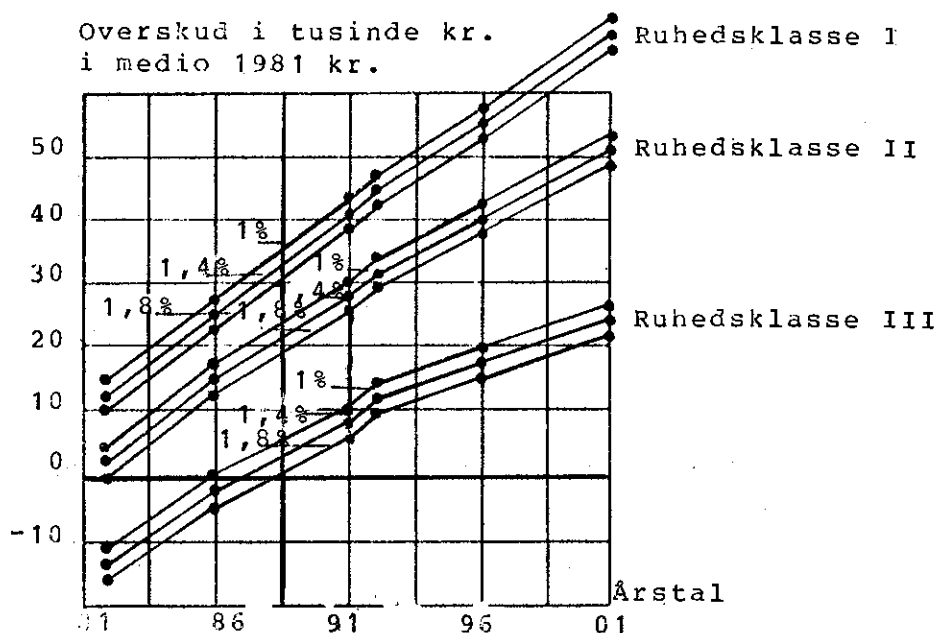
For at belyse følsomheden af økonomien ved ændring af forudsætningerne, er lavet en følsomhedsanalyse i næste afsnit.

8. FØLSOMHEDSANALYSE

For at belyse de foregående analysers afhængighed af forskellige forudsætninger, er lavet en følsomhedsanalyse, hvor økonomien for investeringen er undersøgt ved at forudsætte: andre driftudgifter, andre rentesatser, ændringer af marginaltrækprocenten og alternative energiprisstigninger.

8.1. Driftudgifternes indflydelse på økonomien ved investering i en vindmølle

Der hersker endnu en vis usikkerhed om, hvor store de årlige driftudgifter og hvor store de årlige forsikringsudgifter er i dag, og hvor store de vil være i fremtiden. De fleste er dog enige om, at de ligger mellem ca 1 og 2% af investeringen (se eks. ref. 4). Derfor er der lavet en undersøgelse, hvor driftudgifterne er sat til 1%, 1,4% og 1,8% af investeringen for de tre ruhedsklasser. Dette er vist på fig. 4. Det ses af figuren at indflydelsen af driftudgifterne på "overskuddet" ikke er overvældende. Ruhedsklasse II giver stadig "overskud" efter det første år.

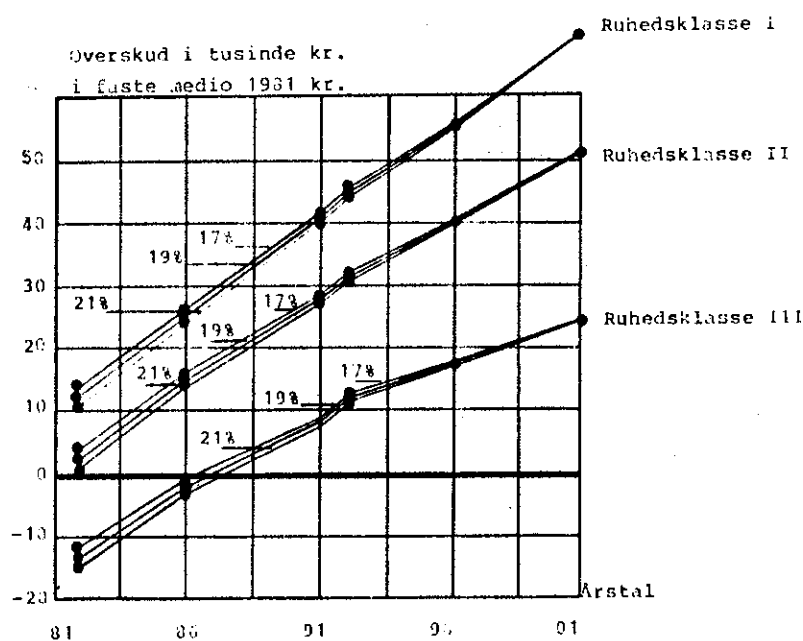


Figur 4. Driftudgifternes indflydelse på økonomien ved investering i en vindmølle. Det skal bemærkes, at det er forudsat, at møllen ikke kommer ud for større havarier, vindmølleejeren skal betale.

8.2. Rentens indflydelse på økonomien ved investering i en vindmølle

Rentens størrelse afhænger bl.a. af belåningsmulighederne og af det generelle renteniveau. For at belyse rentens indflydelse på økonomien gennem vindmøllens levetid, er lavet en undersøgelse over økonomien for en effektiv rente på 17, 19 og 21%. Dette er vist på figur 5.

Det ses af figuren at renten ikke ændrer afgørende på økonomien. For en rente på 21% er der et "overskud" det første år for ruhedsklasse II og for ruhedsklasse III er der ved 21% p.a. først efter 7 år "overskud".



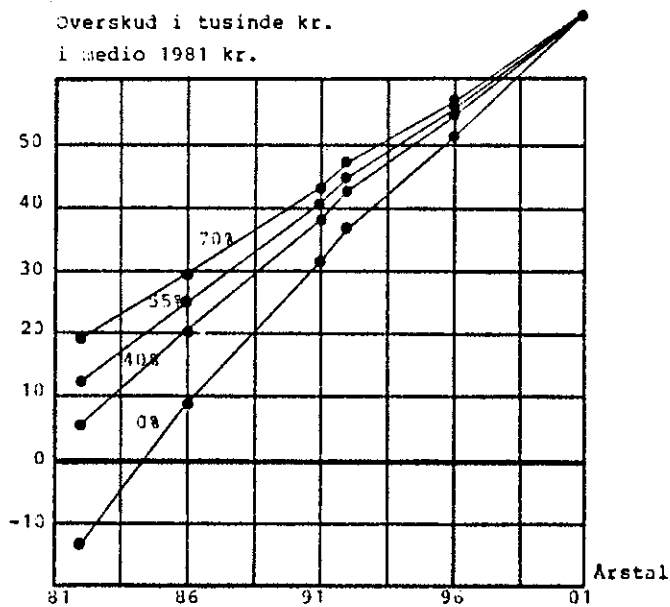
Figur 5. Rentens indflydelse på økonomien ved investering i en vindmølle gennem dens levetid.

8.3. Marginaltrækprocentens indflydelse på økonomien ved investering i en vindmølle

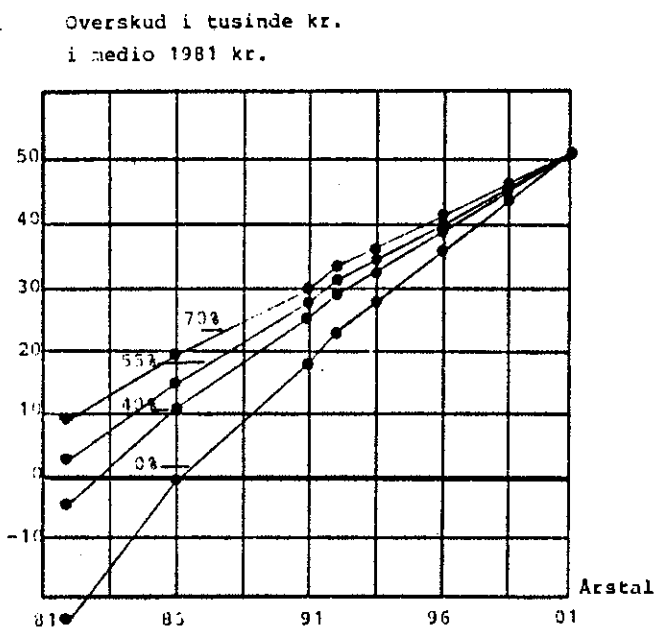
Marginaltrækprocenten siger noget om hvor stort et skattefradrag, man får ved investering. Der er lavet en undersøgelse for de 3 ruhedsklasser med marginaltrækprocenter på 0, 40, 55, og 70%. Der ses bort fra spring i marginaltrækprocenten ved ændringer i fradraget.

I figur 6, figur 7, og figur 8 er vist økonomien gennem vindmøllens levetid for de forskellige marginaltrækprocenter og ruhedsklasser.

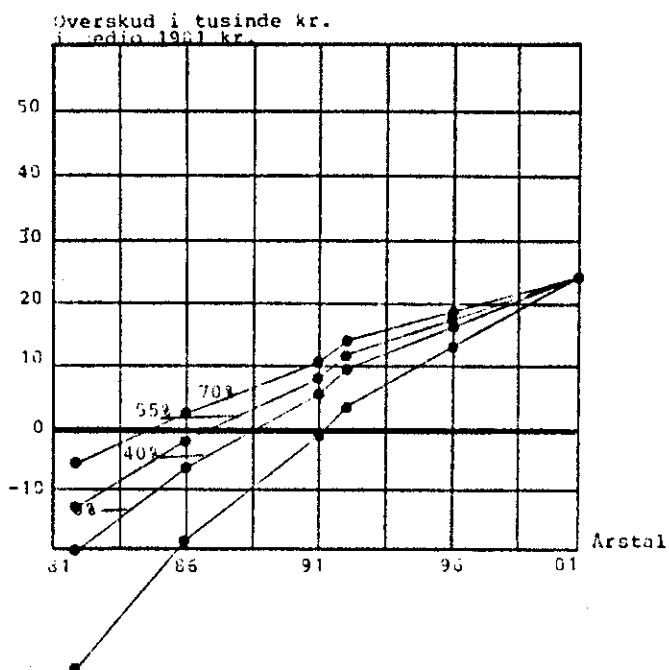
Generelt ses det at marginaltrækprocenten har stor indflydelse på økonomien i investeringen. Af figur 6 ses at selv for ruhedsklasse I vil en marginaltrækprocent på 0 give "underskud" de første 3 år. Af figur 7 ses at med 40% i marginaltrækprocent vil ruhedsklasse II give "underskud" de første 2 år og med 0% i marginaltrækprocent giver investeringen "underskud" de første 6 år.



Figur 6. Økonomien gennem vindmøllens levetid for forskellige marginaltrækprocenter og ruhedsklasse I.



Figur 7. Økonomien gennem vindmøllens levetid for forskellige marginaltrækprocenter og ruhedsklasse II.



Figur 8. Økonomien gennem vindmøllens levetid for forskellige marginaltrækprocenter og ruhedsklasse III.

Endelig ses af figur 8 at for ruhedsklasse III vil med en marginaltrækprocent på 70% give overskud efter 4 år.

Konklusionen er at har man underskud, i eksempelvis et landbrug, og man ikke derfor kan bruge rentefradragsretten vil det næsten altid være en dårlig investering at anskaffe en vindmølle.

Dette er af vigtighed i en periode med krise i landbruget, idet landmænd ofte vil være de nærmeste til at investere i en vindmølle, hvorfor afsætningsmulighederne pga. krise forringes.

8.4. Energiprisstigningens indflydelse på økonomien ved investering i en vindmølle

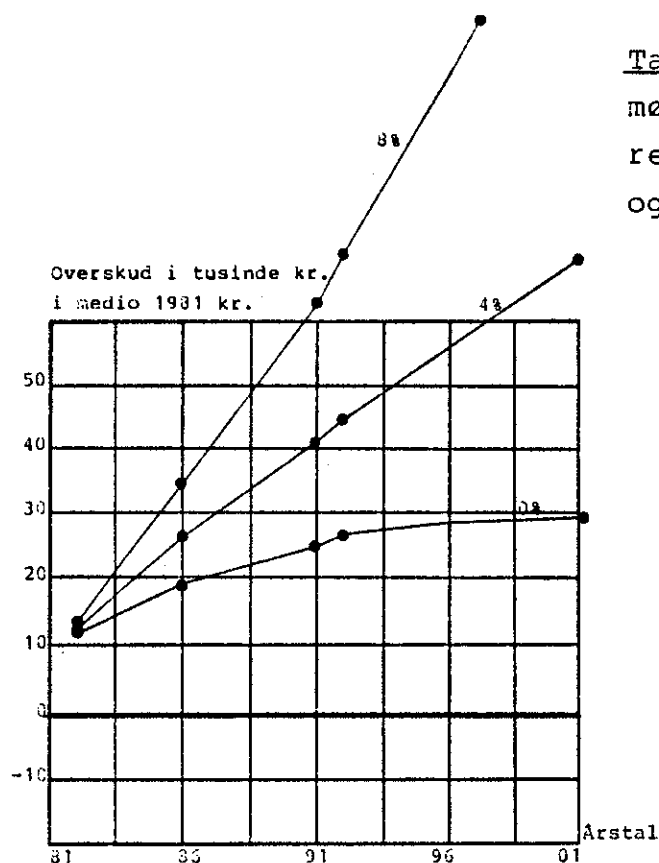
Prisen på energi i fremtiden kan man kun gisne om. Specielt privatøkonomisk kan denne variere meget vilkårligt, da denne både er afhængig af råenergiprisstigningerne og af ændringerne i beskatning. Derfor er lavet en følsomhedsanalyse, hvor økonomien er undersøgt for en realenergiprisstigning på 0% (følge inflationen), en realenergiprisstigning på 4% som tidligere (14% stigning på olie og solgt el og 12% stigning i købt el) og endelig en realprisstigning på 8% (18% stigning på olie og solgt el og 16% stigning på købt el).

På figur 9, 10 og 11 er for de tre ruhedsklasser vist økonomien gennem vindmøllens levetid for de forskellige energiprisstigninger.

Det ses af figur 9 at selv for en realenergiprisstigning på 0% gives en rimelig investering i ruhedsklasse I. Endvidere ses at for 8% i realenergiprisstigning fås et urealistisk højt overskud i forhold til alternativt, man skulle have købt energien, idet en sådan energiprisstigning efterhånden vil udgøre en uforholdsmæssig stor del af indkomsten for husstandene og dermed må betragtes som urealistisk.

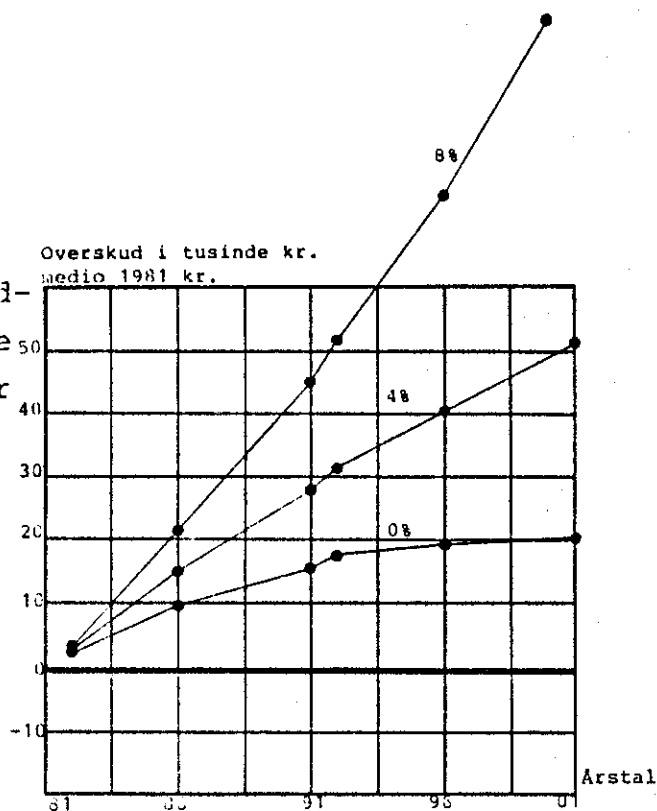
På figur 10 ses at også for ruhedsklasse II fås en rimelig fortjeneste selv med en realenergiprisstigning på 0%.

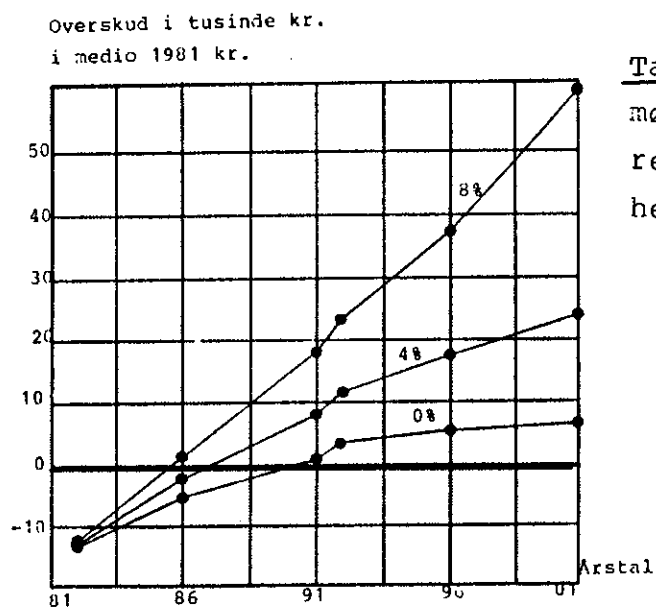
Endelig ses på figur 11 at ruhedsklasse III, selv for den store energiprisstigning fås at investeringen først efter 4 år giver overskud.



Tabel 9. Økonomien gennem vindmøllens levetid for forskellige realenergiprisstigninger pr. år og ruhedsklasse I.

Figur 10. Økonomien gennem vindmøllens levetid for forskellige realenergiprisstigninger pr. år og ruhedsklasse II.





Tabel 11. Økonomien gennem vindmøllens levetid for forskellige realenergiprisstigninger og ruhedsklasse III.

9. KONKLUSION

Denne undersøgelse af en vindmølles privatøkonomi er afgrænset til en analyse af én vindmølle installeret i tilknytning til tre husstande, hvor der erstattes elektricitet og olie og sælges elektricitet. Den valgte vindmølle var en af de mest økonomiske vindmøller medio 1981. Afregning til elforsyningsselskabet sker udfra den forudsætning, at man kan måle køb og salg af elektricitet og ikke efter reglerne for fællesmøller.

På baggrund af den gennemførte privatøkonomiske analyse, må det konkluderes at vindmøllen med statstilskud er privatøkonomisk attraktiv for en placering i ruhedsklasse II og bedre placeringer.

Konklusionen er baseret på en række forudsætninger, hvoraf de vigtigste vedrører brændselsprisstigninger, drift- og vedligeholdelsesudgifter, markedrenten, marginaltrækprocenten og lovgivnings- og afregningsmæssige forhold. Derfor er lavet følsomhedsanalyser på drift- og vedligeholdelsesudgifter, markedrenten, marginaltrækprocenten og energiprisstigningen. For de valgte

ændringer i forudsætningerne influerer dette ikke afgørende for økonomien, dog undtaget marginaltrækprocenten, idet f.eks. med trækprocent 0 vil investeringen meget få steder være attraktiv. Dette har betydning for afsætningsmulighederne, set i lyset af krisen i landbruget, hvorved afsætningsmulighederne reduceres betydeligt.

10. HVOR KAN MAN FÅ YDERLIGERE OPLYSNINGER?

1. Prøvestationen for mindre Vindmøller

Forsøgsanlæg Risø

Postboks 49

4000 Roskilde

Tlf. (02)371212 lokal 5570

2. Skibsteknisk Laboratorium

Hjortekærsvej 99

2800 Lyngby

Tlf. (02)879325

3. Danske Vindkraftværker

Egensevej 13

Vaalse

4840 Nr. Alslev

Tlf. (03)831022 daglig kl. 9-12 og 20-21

4. Organisationen for Vedvarende Energi

Willemoesgade 14

2100 København Ø

Tlf. (01)429091 ti, ons, tors. 14-18

5. Monopoltilsynet, (elprisrådet)

Nørregade 48

1168 København K

Tlf. (01)121908

11. LITTERATURLISTE

- Ref. 1. "Samfundsøkonomisk analyse af mindre vindmøller"
Risø-M-2215
Troels Friis Pedersen, Peter Hjuler Jensen
Februar 1980
- Ref. 2. "Vindkraft". Bilagssamling til oversigtsrapport
fra Vindenergiudvalget under Akademiet for
Tekniske Videnskaber 1976.
- Ref. 3. "Vindatlas for Danmark" af Erik Lundtang Petersen,
Ib Troen og Steen Frandsen, Risø august 1980.
(DEFU, Lyngby)
- Ref. 4. "Vindmøller producerer mere end ventet". Artikel om
status for Vestas vindmøller i "Ingeniøren"
23.10.1981 af afdelingsleder, ing. Birger T. Madsen,
Vestas.

RISØ

FORSØGSANLÆG RISØ
Prøvestationen for mindre vindmøller
4000 Roskilde
Tlf. 02-371212 lokal 5570



• Sept. 1982

Produktionsstade.

M, vindmøller i fabrikation
PC, prototype færdig
PD, prototype under konstruktion eller udvikling.

Luftbremser.

T, vingetipper drejelige
B, vingerne drejelige
S, spoilers
U, udkrøjning

Vingefabrikat.

E, eget fabrikat
EG, eget fabrikat-glasfibervinge
ET, eget fabrikat-trævinge
Ø, coronet
KJ, K.J. Fiber

Effektregulering.

VD, vingedrejning
ST, stall
K, med spoiler
UD, udkrøjning

Navn og adresse	Vindmølletype	Rotordiameter, m	Bestrøget areal, m ²	Rotoromdrejninger ved synkront generator omdrejningstal pr. m.	Luftbremser	Vingefabrikat	Højde af tårn	Nominal generatoreffekt kW	Effektregulering	Produktionsstade	Pris april 1982 (kr.)	Systemgodkendelsesnummer (-) = enkeltgodkendelser eller betinget	Energiproduktion i ruheds klasse 0 (MWh)	Energiproduktion i ruheds klasse I (MWh)	Energiproduktion i ruheds klasse II (MWh)	Energiproduktion i ruheds klasse III (MWh)
Vestas A/S 6940 Lem (07) 341188	Vestas 55kW	15,35	185	50,28	T	Ø	18;22,5	55/11	ST	M	318	M100	174	115	84	43
	Vestas 30kW	10,00	79	84	T	Ø	18;24	30/5,5	ST	M	238		70	44	31	15
Danregn Vind-Kraft A/S Fabriksvej 4 7330 Brande (07) 181570	Bonus-møllen 22kW/3kW	10,20	82	65,02	T	Ø	12;18	22/3	ST	M	197,2	M101				
	Bonus-møllen 30kW/5,5kW	10,20	82	74,59	T	Ø	12;18	30/5,5	ST	M	202,8	M101				
	Bonus-møllen 55kW/15kW	15,18	181	47,73	T	Ø	18;24	55/15	ST	M	312	M102				
K. & O. Hansen Egebjerggård Gammel Gang 2 Kongsted 4293 Dianalund (03) 560213	Kongsted-møllen	10,35	84	59,50	T	ET	18;22,5	22	ST	M	195	M103	54	38	29	15
Nordtank T. Rørbæk Jensen A/S 8444 Balle (06) 337200	Nordtank 45kW	15,70	194	42,85	T	Ø	18;22	45/11	ST	M	305	M104				
	Nordtank 55kW	15,70	194	45,59	T	Ø	18;22	55/11	ST	M	315	M104				
	Nordtank 22kW	10,50	87	67,46	T	Ø	18	22/7,5	ST	M	205	M105				
	Nordtank 30kW	11,00	95	67,46	T	Ø	18	30/7,5	ST	M	215	M105				
	Nordtank 7,5	7,50	44	76,92	T	Ø	15	7,5	ST	M		M106				
	Nordtank 10kW	8,00	50	76,92	T	Ø	15	10	ST	M	100	M106 1)				
Kuriant Industriarealet 6990 Ulfborg (07) 491666	Kuriant 15K	10,90	93	65,89	T	KJ	12;18	15	ST	M	114	M107 1)	64	43	31	16
Oxholm Møllecenter Øland 9560 Brovst (08) 236005	Riisager møllen I	14,62	168	49,48	S	EG	18	55/11	K	M		M108				
	Riisager møllen II	18,62	272	49,48	S	EG	18	99/22	ST	PC						
Wind-Matic A/S Industrivej Nord 15 Birk 7400 Herning (07) 127700	WM 10S	10,24	82	62,70	S	EG	12;18	22/4	ST	M	207	M109 2)	146	96	69	33
	WM 12S	12,50	123	49,70	S	EG	18	30/5,5	ST	M	249,3	M110 2)				
	WM 14S	14,55	166	47,55	S	EG	18;22,5	55/7,5	ST	M	318,2	M111 2)				
	Folkemøllen	8,00	50	135	B	EG	18	17,5	VD	DC		(M051) 5)				
SSG-Power Mills Aps Vestergade 55, 9900 Frederikshavn (08) 430200	SSG-Power Mill Aps	6,10	29	50	U	EG	13,5	10	UD	M		M112 3)				
Static Advice Anholtvej 3A 7000 Fredericia (05) 926073	T-24	5,40	23	129	T	ET	12	4	ST	M	53	M113				
	T-103	7,00	44	97	T	ET	18	10	ST	M		M114 4)				
Jørgen Hansen Åsumvej 182, 3tv 5240 Odense NØ (09) 103350	Kramsbjerg-møllen	8,26	54	95	T	KJ	15	9,2	ST	M		M115 5)				

Navn og adresse	Vindmølletype	Rotordiameter, m	Bestrøget areal, m ²	Rotoromdrejninger ved synkront generator omdrejningstal pr.m.	Luftbremser	Vingefabrikat	Højde af tårn	Nominal generatoreffekt kW	Effektregulering	Produktionsstade	Pris april 1982 (kr.)	Systemgodkendelsesnummer (-)=enkeltgodkendelser eller betinget	Energiproduktion i ruheds klasse 0 (MWh)	Energiproduktion i ruheds klasse I (MWh)	Energiproduktion i ruheds klasse II (MWh)	Energiproduktion i ruheds klasse III (MWh)
Sonebjerg Maskinfabrik A/S Sonebjerg 6000 Kolding (05) 522799	Sonebjergm22kW	10,10	82	57,00	S	EG	12;18;24	22	ST	M	181	M116				
	Sonebjergm30kW	10,10	82	76,34	S	EG	12;18;24	30	ST	M	187	M116				
	Sonebjergm45kW	12,00	113	58,60	S	EG	12;18;23	45	ST	M	239	M117	54	35	12	9)
	Sonebjergm55kW	14,00	154	50,00	S	EG	12;18;23	55	ST	M	259	M118				
Dansk Smedemesterf. Sdr. Boulevard 83 5000 Odense (09) 14-13-30	Smedemester Møllen	9,90	77	70,90	T	Ø	12;18	22	ST	M	163	M119	58	40	29	17
Dansk Vindteknika/S Marsk Stigsvej 4 8800 Viborg (06) 623499	HAWT-265	29,30	674	42	B	EG	27,2	265/55	VD	PC		M040				
	DWT-15kW	9,00	64	110,4	S	EG	18	15	ST	DC		(M050) 5)				
IKKE GODKENDTE VINDMØLLER																
Dansk Vindmøllefab. Strandholtvej 24 Skellerup 9500 Hobro (08) 555222	A-30	12	113	56	S	EG	12,18	30	ST	M	185,1					
VFF-Maskinfabrik Kongstedvej 10 4200 Slagelse (03) 523325	Innoventic 30/5,5	13	133	120	T	EA	11	30/5,5	ST	DC		7)	73	44	29	12
	Poulsen møllen type 2	11	95	96	T	EA	12,18	15/1,5	ST	DC		5)				
Jydsk Vindkraft Kalvehavevej 30 8763 Rask Mølle (05) 678928	55A15	8,5	55	116	B	EG	12,15,18	15	VD	M						
Dansk Vindkraft Industri Aps Vendevej 6, Buresø 3550 Slangerup (02) 183439	DVI-15/1		50	50	B	EA	11;5	15	ST	PC			29	15	8	2
Jørgen Søndergård Larsen Batum Hedevej 16 8800 Viborg (06) 651098	JSL-Vind-energi	11,3	100	61	T	Ø	18	22	ST	PC						
Pademo A/S Lågebrovej 8 4990 Sakskøbing (03) 894267	Pademo I	17	227	50	T	EG	18	75	ST	PD	450					
Lille Tvindkraft Energifonden Tvind 6990 Ulfborg (07) 491869	Lille Tvindkraft	18	254	30	T	ET	18	22	ST	PD						
Vestjysk Alternativ Energi P. Box 11 6920 Videbæk (07) 172611	Windgenerator 12kW Elektromat	6,3	31	50	U	EG	14	12	UD			8)				

Kommentarer til Skemaet

- 1) Møllen er godkendt både som nettilsluttet og netuafhængig.
- 2) Vindmøllen er godkendt med at den lille generator enten er en slæberingsasynkrongenerator eller en kortslutningsasynkrongenerator.
- 3) Vindmøllen er en renoveret vindrose fra S.J. Wind Power: Møllen er varmeproducerende og har en synkrongenerator.
- 4) Vindmøllen er ombygget til en trebladet hurtigløber fra en S.J. Wind Power. Møllen er varmeproducerende og har en synkrongenerator.
- 5) Vindmøllen er tobladet.
- 6) Vindmøllen er varmeproducerende med variabelt omdrejningstal og med drejelige vinger.
- 7) Vindmøllen er tobladet med skråtstillet hoved aksel.
- 8) Vindmøllen er en tobladet vindrose.
- 9) Årsproduktionen er beregnet i 12 m højde.

De i skemaet angivne priser er fra Naturlig Energi 4 årgang nr.11 juli 1982. Tårnhøjden for den angivne pris er understreget

2335

Risø - M -

<p>Title and author(s)</p> <p>The economy of a windmill (In Danish)</p> <p>Peter Hjuler Jensen</p>	<p>Date</p> <p>February 1982</p>
	<p>Department or group</p> <p>The Test Plant for Small Windmills</p>
	<p>Group's own registration number(s)</p>
<p>34 pages + tables + illustrations</p>	
<p>Abstract</p> <p>In this report the economics is given of a windmill installation for three family houses connected to the electrical grid. A status of the energy needs and financial economy is given for each house, all oil heated. Energy production from the windmill in relation to energy consumption is investigated. A simple method for estimating owner consumption for a given windmill is shown. A windmill for the actual consumers is chosen and a method for calculating its energy production is outlined. For the chosen millsize the owner's consumption for the windmill, placed in respectively landscape roughness class I, II, and III, is determined. The savings in electricity bought from the grid and oil bought for heating are calculated, and the amount of surplus electricity sold to the utilities is determined. A budget for the first year of the installation of the chosen windmill is made in the following steps:</p> <ul style="list-style-type: none">- The maintenance costs are estimated and the tax of the owner's consumption is calculated. The capital costs for the investment are found including government subsidies.- The net income from the energy production is determined and the tax saved because of the investment is calculated. <p>Available on request from Risø Library, Risø National Laboratory (Risø Bibliotek), Forsøgsanlæg Risø), DK-4000 Roskilde, Denmark Telephone: (03) 37 12 12, ext. 2262. Telex: 43116</p>	<p>Copies to</p>

A total budget for the first year is made. With the assumption of a given inflation rate and a given development rate of energy prices the economy of the whole lifetime (20 years) for the windmill is estimated. A parametric study is then made investigating the sensibility of the results. The parameters are: the costs of maintenance, interest, development of energy prices, and income tax rate.

Rekvireres fra
Risø Bibliotek,
Forsøgsanlæg Risø, postboks 49,
4000 Roskilde.
Telefon (02) 371212, lokal 2262
Telex 43116

ISBN 87-550-0836-4
ISSN 0418-6435